

Kugel- oder kornförmiges Halbleiterbauelement zur Verwendung in Solarzellen und Verfahren zur Herstellung; Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit Halbleiterbauelement und Solarzelle

5

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein kugel- oder kornförmiges

10 Halbleiterbauelement zur Verwendung in Solarzellen und ein Verfahren zur Herstellung dieses Halbleiterbauelementes.

Die Erfindung betrifft ferner eine Solarzelle mit

integrierten kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen

15 und ein Verfahren zur Herstellung dieser Solarzelle.

Die Erfindung betrifft ferner ein Photovoltaikmodul mit

wenigstens einer Solarzelle mit integrierten

Halbleiterbauelementen.

20

In photovoltaischen Zellen wird durch Ausnutzung des photovoltaischen Effektes solare Strahlungsenergie in elektrische Energie umgewandelt. Dazu eingesetzte Solarzellen werden vorwiegend aus planaren Wafers hergestellt, in welchen

25 ein konventioneller p/n-Übergang realisiert wird. Zur Herstellung eines p/n-Übergangs und weiterer

Funktionsschichten hat sich dabei neben dem Aufbringen und Bearbeiten einzelner durchgehender Schichtflächen das

Aufbringen von Halbleitermaterial in kugel- oder kornförmiger

30 Form als zweckmäßig erwiesen, da dies verschiedene Vorteile mit sich bringt.

Beispielsweise ist es zur Herstellung von elektronischen Einrichtungen seit langem bekannt, elektronisch aktives Material als Partikel in eine Schicht einzubringen, um die Aktivität des Materials zu erhöhen. Dies ist beispielsweise 5 in der US-Patentschrift US 3,736,476 beschrieben. In einem darin offenbarten Ausführungsbeispiel wird ein Kern und eine den Kern umgebende Schicht so ausgebildet, dass sich ein p/n-Übergang ergibt. Mehrere der so hergestellten Partikel werden so in eine isolierende Trägerschicht eingebracht, dass sie 10 auf beiden Seiten der Schicht aus der Oberfläche herausragen und von weiteren Schichten kontaktiert werden können.

Ferner beschreibt die Deutsche Offenlegungsschrift DE 100 52 914 A1 eine Halbleitereinrichtung, die aus einem 15 Schichtaufbau gebildet wird, der aus einer elektrisch leitfähigen Trägerschicht, einer Isolierschicht, Halbleiterpartikeln und einer elektrisch leitfähigen Deckschicht besteht, wobei die Halbleiterpartikel in die Isolierschicht eingebracht sind und sie sowohl die darunter 20 liegende Trägerschicht als auch die darüber liegende Deckschicht berühren. Die Halbleiterpartikel können beispielsweise aus Silizium oder I-III-VI-Halbleiterpartikeln bestehen, die mit II-VI-Verbindungen beschichtet sind.

25 Den Hintergrund bei der Verwendung von I-III-VI-Verbindungshalbleitern wie Kupferindiumdiselenid, Kupferindiumsulfid, Kupferindiumgalliumsulfid und Kupferindiumgalliumdieselenid stellen beispielsweise die US-Patentschriften US 4,335,266 (Mickelsen et al) und US 30 4,581,108 (Kapur) dar, in denen dieser Halbleitertyp und Verfahren zur Herstellung anschaulich beschrieben sind. I-III-VI-Verbindungshalbleiter werden im Folgenden auch als Chalkopyrite oder CIS- bzw. CIGS-Halbleiter bezeichnet.

Es ist ferner bekannt, unabhängige sphärische Halbleiterbauelemente auszubilden, welche vollständige Halbleiter inklusive der erforderlichen Elektroden 5 darstellen. Beispielsweise ist es aus der Europäischen Patentanmeldung EP 0 940 860 A1 bekannt, einen sphärischen Kern durch Maskierungen, Ätzschritte und das Aufbringen von verschiedenen Materialschichten zu einem sphärischen Halbleiterbauelement auszubilden. Derartige 10 Halbleiterbauelemente können als Solarzellen eingesetzt werden, wenn der p/n-Übergang so gewählt ist, dass er einfallendes Licht in Energie umwandeln kann. Ist der p/n-Übergang so ausgebildet, dass er eine angelegte Spannung in 15 Licht umwandeln kann, kann das Halbleiterbauelement als Licht emittierendes Element eingesetzt werden.

Aufgrund der vielseitigen angestrebten Einsatzbereiche derartiger Halbleiterbauelemente müssen die Elemente vollständig unabhängige Bauteile mit Elektrodenanschlüssen 20 darstellen, welche in andere Anwendungen eingebaut werden können. Dies erfordert eine hohe Komplexität der Halbleiterbauelemente und der erforderlichen Herstellungsprozesse. Aufgrund der geringen Abmaße der verwendeten Kugelformen von wenigen Millimetern ist die 25 Herstellung der sphärischen Bauelemente mit allen Funktionsschichten und Bearbeitungsschritten dabei sehr aufwändig.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Halbleiterbauelement mit 30 hoher Aktivität bereitzustellen, das sich zur flexiblen Verwendung in verschiedenen Solarzellen eignet.

Aufgabe der Erfindung ist es ferner, ein effizientes Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelementes zur Verwendung in Solarzellen bereitzustellen.

5 Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Einbringung eines Halbleiterbauelementes in eine Solarzelle bereitzustellen.

Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, eine Solarzelle mit
10 integrierten Halbleiterbauelementen und ein Photovoltaikmodul mit wenigstens einer Solarzelle bereitzustellen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale der Hauptansprüche 1, 21, 37 und 45 gelöst. Vorteilhafte
15 Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelement zur Verwendung in einer
20 Solarzelle gelöst. Das Verfahren zur Herstellung eines derartigen Halbleiterbauelementes ist durch das Aufbringen einer leitenden Rückkontaktebeschichtung auf einen kugel- oder kornförmigen Substratkern, das Aufbringen einer ersten Precursorschicht aus Kupfer oder Kupfergallium, das
25 Aufbringen einer zweiten Precursorschicht aus Indium und die Umsetzung der Precursorschichten mit Schwefel und/oder Selen zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter gekennzeichnet.

Die Umsetzung der Precursorschichten erfolgt in Anwesenheit
30 von Selen und/oder Schwefel und wird als Selenisierung oder Sulfurisierung bezeichnet. Diese Prozesse können auf verschiedene Arten mit auf den jeweiligen Prozess abgestimmten Parametern durchgeführt werden. Zu diesen

Parametern zählen beispielsweise Temperatur, Zeit, Atmosphäre und Druck. Die Selenisierung oder Sulfurisierung kann beispielsweise in Dampf, Schmelzen oder Salschmelzen des jeweiligen Umsetzungselementes oder Salzschmelzen mit

5 Beimengungen von Schwefel und/oder Selen erfolgen. Die Elemente Schwefel und Selen können dabei sowohl gleichzeitig als auch nacheinander zur Umsetzung eingesetzt werden. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung erfolgt die Umsetzung in Wasserstoffverbindungen des Selens

10 oder Schwefels.

Um eine I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht mit definierten Eigenschaften zu erhalten, müssen bestimmte Parameter der Precursorschichten eingestellt werden. Dazu gehören neben der

15 Zusammensetzung auch die Dicken der einzelnen Schichten.

Dabei sind aufgrund der Kugelform und des damit variierenden Durchmessers gegebenenfalls andere Schichtdickenverhältnisse zu wählen als bei bekannten Verfahren zur Ausbildung von planaren I-III-VI-Verbindungshalbleitern.

20

Der zu beschichtende Substratkern besteht in einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung aus Glas, insbesondere aus Kalk-Natron-Glas, da dies eine gute Natriumquelle für den Schichtaufbau darstellt. Der

25 Hauptbestandteil der leitenden Rückkontakte schicht ist vorzugsweise Molybdän. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung enthält die Rückkontakte schicht zur Haftungsverbesserung bis zu 20 Gew.% Gallium. Die einzelnen Schichten können jeweils durch PVD-Verfahren wie Sputtern oder Aufdampfen oder CVD-Verfahren 30 aufgebracht werden.

Die Precursorschichten können vor der Umsetzung zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter bei Temperaturen von typischerweise > 220 °C legiert werden. Nach der Umsetzung des Precursorschichtsystems zu einem I-III-VI-

5 Verbindungshalbleiter können weitere Bearbeitungsschritte oder Beschichtungen durchgeführt werden. Dazu zählt beispielsweise eine Behandlung mit KCN-Lösung (z.B. 10% KCN Lösung in alkalischer 0,5% KOH-Lösung) zur Entfernung störender Oberflächenschichten wie Kupfer-Schwefel

10 Verbindungen. Ferner können eine Bufferschicht, eine hochohmige und eine niedrigohmige ZnO-Schicht abgeschieden werden.

Das erfindungsgemäße kugel- oder kornförmige

15 Halbleiterbauelement zur Verwendung in Solarzellen weist somit einen kugel- oder kornförmigen Substratkern auf, der wenigstens mit einer Rückkontaktebeschichtung und einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter beschichtet ist. Der Substratkern besteht vorzugsweise aus Glas, Metall oder Keramik und der 20 Durchmesser des Substratkerns liegt in der Größenordnung von 0,05- 1mm. Besonders zweckmäßig hat sich ein Durchmesser von 0,2mm erwiesen. Die Dicke der Rückkontaktebeschichtung liegt in der Größenordnung von 0,1-1µm. Die I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht besteht beispielsweise aus 25 Kupferindiumdiselenid, Kupferindiumsulfid, Kupferindiumgalliumsulfid oder Kupferindiumgalliumdiselenid. Die Dicke dieser Schicht liegt in der Größenordnung von 1-3µm.

30 Mit den beschriebenen Verfahrensschritten hergestellte kugel- oder kornförmige Halbleiterbauelemente stellen Elemente zur weiteren Verwendung bei der Herstellung von Solarzellen dar. Die Vorteile derartiger Halbleiterbauelemente zur Verwendung

in Solarzellen liegen beispielsweise darin, dass ein I-III-VI-Verbindungshalbleiter hergestellt werden kann, der sich zur Einbringung in unterschiedliche Solarzellen eignet. Dies beinhaltet unter anderem unterschiedliche Abmessungen von

5 Solarzellen. Die Herstellung von flächigen Solarzellen mit I-III-VI-Verbindungshalbleitern erfolgt herkömmlicherweise in Reaktoren, die zur Einhaltung bestimmter Parameter genau auf die Größe der angestrebten Solarzellen angepasst sein müssen. Großflächige Solarzellenstrukturen erfordern somit auch

10 entsprechend große Reaktoren, in denen beispielsweise bei einer Umsetzung unter Wärmeeinfluss große Gesamtmasse erwärmt und wieder abgekühlt werden müssen. Dies führt zu einem hohen Energiebedarf. Die Herstellung von kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen zur späteren Verarbeitung

15 in Solarzellen benötigt dagegen weitaus weniger Energie, da in den entsprechenden Reaktoren vergleichsweise geringe Volumina umgesetzt werden müssen.

Ein weiterer Vorteil ist in der höheren Flexibilität bei der

20 Herstellung zu sehen. Sollen beispielsweise bei herkömmlichen Solarzellenflächen größere oder kleinere Strukturen in einem Reaktor umgesetzt werden, muss ein entsprechender neuer Reaktor bereitgestellt werden, um die erforderlichen Parameter genau einzustellen zu können. Dies ist sehr

25 kostenintensiv. Die Herstellung solcher herkömmlichen Dünnschichtmodule ist somit begrenzt durch die zur Anwendung kommenden Apparaturen zur Fertigung der Halbleiterschicht. Bei der Herstellung der erfindungsgemäßen kugelförmigen Halbleiterbauelementen kann dagegen ein bestehender Reaktor

30 durch weitere ergänzt werden, um die nötige Menge an Bauelementen zu produzieren. Die spätere Herstellung von Solarzellen, für die kein Reaktor erforderlich ist, sondern

lediglich Anlagen zum Aufbringen von weiteren Schichten, ist also wesentlich vereinfacht.

Durch die Kugelform können ferner zweckmäßige Schichtsysteme
5 realisiert werden, welche mit flächigen Halbleiterstrukturen unter Umständen nicht erreichbar sind. Beispielsweise ist die erforderliche Dicke der abgeschiedenen Schichten geringer. Dadurch wird beispielsweise der Einsatz einer Rückkontakteschicht aus Molybdän-Galliumschicht möglich, ohne
10 dass der Widerstand der Schicht zu groß wird, wie es bei flächigen Strukturen der Fall ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit integrierten kugel- oder kornförmigen
15 Halbleiterbauelementen werden Halbleiterbauelemente in einer Solarzelle weiterverarbeitet. Das Verfahren sieht das Einbringen von kugelförmigen Halbleiterbauelementen in eine isolierende Trägerschicht vor, wobei die Halbleiterbauelemente wenigstens auf einer Seite der
20 Trägerschicht aus der Oberfläche der Trägerschicht herausragen, und die kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelemente jeweils aus einem Substratkern bestehen, der wenigstens mit einer leitenden Rückkontakteschicht und einer I-III-VI-
25 Verbindungshalbleiterschicht beschichtet ist. Teile der Halbleiterbauelemente werden auf einer Seite der Trägerschicht abgetragen, so dass vorzugsweise eine Fläche der Rückkontakteschicht mehrerer Bauelemente freigelegt ist. Auf diese Seite der Trägerschicht kann danach eine
30 Rückkontakteschicht aufgebracht werden, die in Kontakt mit den freien Rückkontaktflächen der Halbleiterbauelemente steht. Auf die andere Seite der Trägerschicht wird eine Vorderkontakteschicht aufgebracht. Neben der

Vorderkontakte schicht und der Rückkontakte schicht können weitere Funktionsschichten abgeschieden werden.

Die Halbleiterbauelemente werden in einem besonders

5 bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung durch Streuen, Stäuben und/oder Drucken auf die Trägerschicht aufgebracht und danach in die Trägerschicht eingedrückt, so dass sie zu einem bestimmten Grad in die Trägerschicht eingebettet sind. Handelt es sich bei der Trägerschicht um eine

10 thermoplastische Folie, die auf einen weichen Untergrund gelegt wird, können die Halbleiterbauelemente beispielsweise so tief in die Schicht gedrückt werden, dass sie in den weichen Untergrund eindringen und somit auf beiden Seiten der Trägerschicht herausragen.

15

Die Trägerschicht kann auch als Matrix mit Aussparungen ausgebildet sein, in welche die Halbleiterbauelemente eingebracht und gegebenenfalls befestigt werden. Dies kann beispielsweise durch einen Erwärmungs- und/oder Pressvorgang

20 erfolgen.

Beim Abtragen von Teilen der Halbleiterbauelemente kann zusätzlich ein Teil der Trägerschicht mit abgetragen werden.

Das Abtragen kann beispielsweise durch Schleifen, Polieren, Ätzen, thermischen Energieeintrag oder photolithographische Prozesse erfolgen, während die Rückkontakte schicht und die Vorderkontakte schicht jeweils durch PVD- oder CVD-Verfahren abgeschieden werden können. Werden als Rückkontakte- oder Vorderkontakte schicht beispielsweise leitfähige Polymeren eingesetzt, haben sich Verfahren wie das Aufpinseln oder Aufsprühen als vorteilhaft erwiesen.

Die erfindungsgemäße Solarzelle mit integrierten kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen weist somit eine isolierende Trägerschicht auf, in welche die Halbleiterbauelemente eingebracht sind, wobei die

5 Halbleiterbauelemente wenigstens auf einer Seite der Trägerschicht aus der Schicht herausragen. Sie weist ferner eine Vorderkontakte schicht auf der einen und eine Rückkontakte schicht auf der anderen Seite auf. Auf der Seite der Rückkontakte schicht weisen mehrere Halbleiterbauelemente

10 eine Fläche auf, die frei von I-III-VI-Verbindungshalbleiter ist und somit die Rückkontakte schicht des Halbleiterbauelementes freigibt. Diese Flächen stehen mit der Rückkontakte schicht der Solarzelle in direktem Kontakt.

15 In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung besteht die Trägerschicht aus einem isolierenden Material wie beispielsweise einem Polymer. Die kugelförmigen Halbleiterbauelemente wurden vorzugsweise nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt, und die

20 Vorderkontakte schicht besteht beispielsweise aus einem TCO (Transparent Conductive Oxide). Die Rückkontakte schicht besteht aus einem leitenden Material wie einem Metall, einem TCO oder einem Polymer mit leitfähigen Partikeln. Die Solarzelle kann neben der Vorderkontakte schicht und der

25 Rückkontakte schicht weitere Funktionsschichten aufweisen.

Sind alle Verfahrensschritte abgeschlossen, ist eine Solarzelle mit integrierten Halbleiterbauelementen erzeugt, die insbesondere gegenüber planaren Halbleiterstrukturen

30 verschiedene Vorteile aufweist. Der wesentliche Vorteil neben der vereinfachten Herstellung liegt in den gekrümmten Oberflächen der Halbleiterbauelemente, auf welche einfallendes Licht unabhängig von der Einfallsrichtung

auftreffen kann. So kann auch diffuse Lichteinstrahlung besser zur Stromerzeugung genutzt werden.

Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige

5 Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Darstellung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Abbildungen.

Von den Abbildungen zeigt:

10

Fig. 1 in Abbildung (a) ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Schichtaufbaus zur Herstellung ein kugelförmigen Halbleiterbauelements und in Abbildung (b) ein mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Halbleiterbauelement; und

15

Fig. 2 in den Abbildungen (a) - (d) die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte bei der Einbringung eines kugelförmigen Halbleiterbauelementes in eine

20

Solarzelle.

In Fig. 1 ist in Abbildung (a) ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines Schichtaufbaus 10 zur Herstellung eines kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelements 11

25

dargestellt. Der Schichtaufbau 10 ist auch als Precursorschichtaufbau für die spätere Umsetzung zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter anzusehen. Im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines kugelförmigen Halbleiterbauelements 11 wird ein kugelförmiger

30

Substratkern 20 mit einem Rückkontakt 30 beschichtet. Das kugelförmige Substrat besteht vorzugsweise aus Glas, es kann sich jedoch auch um andere Materialien wie Metalle oder Keramiken handeln. Beim Einsatz von Glas kann beispielsweise

Kalk-Natron-Glas verwendet werden, was eine gute Natriumquelle für den späteren Schichtaufbau darstellt. Es können auch andere Glaszusammensetzungen zur Anwendung kommen.

5

Das Substrat ist im Wesentlichen kugelförmig, die Form kann jedoch auch von der reinen Kugelform abweichen. Je nach Herstellungsprozess sind die hervorgehenden Kugeln auch als kornförmig zu bezeichnen. Es können auch Hohlkörper aus den 10 genannten Materialien eingesetzt werden. Der Durchmesser der Kugeln liegt in der Größenordnung von 0,05-1mm, wobei vorzugsweise ein Durchmesser von etwa 0,2mm gewählt wird.

Der Rückkontakt 30 wird so auf das kugelförmige Substrat 15 aufgebracht, dass die gesamte Oberfläche der Kugel beschichtet ist. Bei dem Material für den Rückkontakt handelt es sich vorzugsweise um Molybdän, es können jedoch auch andere geeignete leitfähige Materialien wie beispielsweise Wolfram oder Vanadium verwendet werden.

20

Die Beschichtung des Substratkerns 20 kann durch PVD-Verfahren wie dem Sputtern oder Aufdampfen erfolgen. Auch CVD-Verfahren können angewendet werden, wobei festgestellt werden kann, dass das Sputtern einer Vielzahl von kleinen 25 Substratkugeln ein sehr zeitaufwändiger Prozess ist, der sich im Hinblick auf den möglichen Durchsatz weniger eignet als andere Verfahren. Die Dicke der Rückkontaktebeschichtung liegt in der Größenordnung von 0,1-1µm.

Um die Haftung darauf folgender Schichten zu der Rückkontaktebeschichtung zu verbessern, kann auf die Molybdänschicht eine Galliumschicht aufgebracht werden. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung

wird das Gallium zur Haftungserhöhung in die Molybdänschicht eingebracht. Dies kann einen Galliumgehalt von bis zu 20 Gew.% beinhalten. Diese Lösung wird in der Praxis bei flächigen Solarzellen herkömmlicherweise vermieden, da es den 5 Widerstand des Rückkontaktees nachteilig erhöht. Bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Halbleiterbauelemente hat sich eine Gallium-Molybdänschicht jedoch als vorteilhaft erwiesen, da dünnerne Schichten als bei flächigen Halbleitern realisiert werden können, deren vergrößerter Widerstand keine 10 gravierenden Nachteile mit sich bringt.

Als Halbleiterverbindung wird erfindungsgemäß ein I-III-VI-Verbindungshalbleiter gewählt. Zu diesen auch als Chalkopyrite bezeichneten Halbleitern zählen beispielsweise 15 Kupferindiumdiselenid, Kupferindiumsulfid, Kupferindiumgalliumsulfid und Kupferindiumgalliumdieselenid.

Zur Herstellung einer derartigen CuGa/InS/Se₂-Schicht auf dem Substrat werden zuerst Precursorschichten aus Kupfer, Gallium 20 und/oder Indium aufgebracht, die in einem anschließenden Selenisierungs- oder Sulfurisierungsprozess zu dem angestrebten Halbleiter umgewandelt werden. Die Precursorschichten können mit den gleichen Verfahren wie der Rückkontakt aufgebracht werden, so dass auch hier PVD- 25 Verfahren wie Sputtern und Verdampfen oder CVD-Verfahren zur Anwendung kommen können. Als erste Precursorschicht 40 wird das kugelförmige Substrat in einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Kupfer beschichtet. Um die Haftung zwischen dieser ersten Schicht und dem 30 Rückkontakt zu verbessern, kann vorher eine dünne Kupfer-Gallium-Schicht als Haftvermittler aufgebracht werden.

In einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird auf die Kupferschicht eine zweite Precursorschicht 50 in Form von Indium abgeschieden. Ein abwechselndes Aufbringen von Cu/In Schichtpaketen (z.B. Cu/In/Cu/In) ist ebenfalls möglich. Die

5 CU/In-Schichten werden anschließend mit Schwefel zu CuInS geschwefelt werden und eine sogenannte CIS-Schicht gebildet. Die aus den Precursorn und dem Sulfurisierungsprozess resultierende CIS-Schicht 60 ist auf dem Halbleiterbauelement 11 in der Abbildung (b) dargestellt. Das
10 Precursorschichtsystem aus Kupfer und Indium kann vor der Sulfurisierung optional bei einer erhöhten Temperatur von typischerweise $T > 220^\circ$ legiert werden, was für die Haftung und spätere Umsetzung mit Selen und/oder Schwefel vorteilhaft ist. Dieser Schritt ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

15

Die Schichtdicken der Cu- und In-Schicht werden durch die angestrebte Schichtdicke des CIS-Halbleiters bestimmt. Vorzugsweise liegt die Schichtdicke der CIS-Schicht 60 in der Größenordnung von 1-3 μm . Es hat sich dazu als zweckmäßig erwiesen, dass das Atomverhältnis Cu/In in der Größenordnung von 1-2 liegt. Besonders bevorzugt sind Atomverhältnisse von Kupfer zu Indium zwischen 1,2-1,8.

25 In einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird auf die Rückkontakte Schicht 30 als erste Precursorschicht 40 eine Kupfer- oder eine Kupfer-Gallium-Schicht aufgebracht. Auf diese erste Precursorschicht folgt wiederum ein zweiter Precursor 50 in Form einer Indiumschicht, wobei die beiden Schichten anschließend zu CuIn/GaSe₂ selenisiert werden und
30 eine CIGS-Schicht bilden. Das Kupfer-Indium/Gallium-Schichtsystem kann auch hier optional bei einer erhöhten Temperatur von typischerweise $T > 220^\circ$ legiert werden.

In diesem Ausführungsbeispiel sind die Schichtdicken ebenfalls abhängig von dem angestrebten Atomverhältnis Cu/(In+Ga) nach der Selenisierung. Es hat sich als zweckmäßig erweisen, dass dieses Verhältnis < 1 ist. Die Schichtdicke der CIGS-Schicht nach der Selenisierung liegt vorzugsweise in der Größenordnung von $1\text{-}3\mu\text{m}$. Es hat sich herausgestellt, dass der Kupfergehalt der fertigen CIGS-Schicht kleiner als das stöchiometrisch notwendige Maß eingestellt werden kann.

10 Die Umsetzung der mit den Precursoren beschichteten Kugeln kann durch Selenisierung mit Selen und/oder Sulfurisierung mit Schwefel erfolgen. Dabei können verschiedene Verfahren zur Anwendung kommen. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden die Kugeln im Vakuum 15 oder unter Atmosphärendruck mit einem Dampf des jeweiligen Elementes (Se und/oder S) umgesetzt. Diese Umsetzung erfolgt mit bestimmten Parametern wie beispielsweise Temperatur, Zeit, Prozessdauer, Druck und Partialdruck. Die Umsetzung kann ferner in einer Schmelze der Elemente erfolgen. Eine 20 weitere Möglichkeit der Umsetzung stellt die Salzschmelze dar, welche S und/oder Se beinhaltet.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung werden die Kugeln in Wasserstoffverbindungen des Schwefels und/oder 25 des Selens umgesetzt. Dies kann beispielsweise unter Atmosphärendruck oder bei einem Druck kleiner als Atmosphärendruck erfolgen. Bei der Umsetzung können sowohl Schwefel als auch Selen nacheinander oder gleichzeitig zum Einsatz kommen.

30

In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden als nächster Prozessschritt nach der Umsetzung der Kugeln nachteilig wirkende Oberflächenschichten

entfernt. Dabei kann es sich beispielsweise um CuS-Verbindungen handeln, die beim Umsetzungsprozess entstanden sind. Eine Möglichkeit der Entfernung derartiger Schichten liegt in der Behandlung mit KCN-Lösung. Wurde eine 5 Sulfurisierung durchgeführt, ist dieser Behandlungsschritt notwendig, während er nach einer Selenisierung als optional angesehen werden kann.

In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird im nächsten 10 Schritt eine Bufferschicht auf den CIS- oder CIGS-Halbleiter abgeschieden. Als Schichtmaterialien können beispielsweise CdS, ZnS, ZnSe, ZnO oder CdZnS verwendet werden. Weitere mögliche Materialien sind in In-Se-Verbindungen oder In-S-Verbindungen zu sehen. Diese Bufferschichten können durch 15 Beschichtungsverfahren wie CVD, PVD, naßchemisch (chemical bath deposition) oder andere geeignete Methoden abgeschieden werden. Als besonders vorteilhaft hat sich die Abscheidung durch Chemical Bath Deposition erwiesen. Die Dicke der Bufferschicht liegt vorzugsweise in der Größenordnung von 10-20 200nm.

In einem weiteren besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im nächsten Schritt hochohmiges ZnO (i-ZnO) auf dem Schichtaufbau abgeschieden. Für die Abscheidung 25 dieser Schicht können Verfahren wie PVD (reakтив oder keramisch), CVD oder Chemical Bath Deposition eingesetzt werden. Die Dicke der Schicht liegt vorzugsweise in der Größenordnung von 10-100nm.

30 Nach der Abscheidung von hochohmigen ZnO (ca. 50nm) wird in einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung eine weitere Schicht niedrigohmiges ZnO (ZnO:Al) abgeschieden. Hier können die gleichen Depositionsmethoden

wie bei hochohmigem ZnO zur Anwendung kommen. Die Dicke dieser Schicht (TCO) liegt in der Größenordnung von 0,1-2µm.

Mit den beschriebenen Verfahrensschritten hergestellte
5 kugelförmige Halbleiterbauelemente stellen Elemente zur
weiteren Verwendung bei der Herstellung von Solarzellen dar.
Die erfindungsgemäßen Halbleiterbauelemente können auf
verschiedene Arten in Solarzellen weiterverarbeitet werden.
Beispielsweise werden die kugelförmigen Halbleiterbauelemente
10 in einem weiteren Aspekt der Erfindung in eine Solarzelle
eingebettet, wie es in den Abbildungen (a)-(d) der Fig. 2
dargestellt ist.

In der Abbildung (a) der Fig. 2 ist die Einbringung der
15 Halbleiterbauelemente 11 in eine isolierende Trägerschicht 70
dargestellt. Dabei hat es sich als zweckmäßig erwiesen, als
Trägerschicht eine flexible Folie zu verwenden. Die
Trägerschicht besteht vorzugsweise aus einem
thermoplastischen Polymer, bei dem es sich beispielsweise um
20 ein Polymer aus der Gruppe der Polycarbonate oder Polyester
handeln kann. Auch prepolymerisierte Harze aus der Gruppe der
Epoxide, Polyurethane, Polyacryle und/oder Polyimide können
verwendet werden. Des Weiteren kann ein flüssiges Polymer
verwendet werden, in welches die Kugeln eingedrückt werden
25 und welches danach aushärtet.

Die Halbleiterbauelemente 11 werden vorzugsweise so in die
Trägerschicht 70 eingebracht, dass sie wenigstens auf einer
Seite der Trägerschicht aus der Oberfläche der Schicht
30 herausragen. Die Partikel können dazu beispielsweise durch
Streuen, Stäuben und/oder Drucken aufgebracht und danach
eingedrückt werden. Zum Eindrücken der Körper in die
Trägerschicht kann diese beispielsweise erwärmt werden.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung werden die Partikel in eine vorgefertigte Matrix einer Trägerschicht eingebracht, in der sich Aussparungen befinden, in welche die 5 Partikel eingefügt werden. Zur Befestigung der Körper an der Trägerschicht kann ein Erwärmungs- und/oder Pressvorgang durchgeführt werden.

Sollen die Halbleiterbauelemente auf beiden Seiten der 10 Trägerschicht herausragen, kann sich die Trägerschicht beim Einbringen der Bauelemente beispielsweise auf einer flexiblen Unterlage befinden, so dass die Halbleiterbauelemente so weit in die Trägerschicht eingedrückt werden können, dass Teile davon auf der Unterseite der Trägerschicht austreten.

15 In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden als nächster Schritt Teile der Halbleiterbauelemente auf einer Seite der Trägerschicht abgetragen. Dabei können auch Teile der Trägerschicht 20 abgetragen werden. Dies ist in der Abbildung (b) der Fig. 2 durch einen Pfeil dargestellt. Die Trägerschicht 70 wird dabei vorzugsweise bis zu einer Schichtdicke abgetragen, bei der Teile der eingebrachten Körper mit abgetragen werden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt ein Abtrag bis 25 auf die gepunktet dargestellte Rückkontakteschicht 30 des Halbleiterbauelements 11. Falls die Halbleiterbauelemente so in die Trägerschicht eingebracht wurden, dass sie auf beiden Seiten der Schicht herausragen, ist es auch möglich, die Halbleiterbauelemente auf einer Seite ohne zusätzliche 30 Abtragung der Trägerschicht zu bearbeiten, so dass die Halbleiterbauelemente nach der Abtragung entweder weiter aus der Trägerschicht herausragen oder mit ihr abschließen.

Der Abtrag der Halbleiterkörper bzw. der Trägerschicht kann auch zu anderen Zeitpunkten erfolgen, die vor der Aufbringung eines späteren Rückkontakte 80 auf dieser Seite liegen. Der Abtrag der Halbleiterbauelemente und/oder der Trägerschicht

5 kann durch mechanische Verfahren wie das Schleifen oder Polieren, Ätzen, thermischen Energieeintrag beispielsweise durch Laser oder Strahlung oder photolithographische Prozesse erfolgen.

10 In einem weiteren Verfahrensschritt wird eine leitende Rückkontakte schicht 80 auf die Seite mit den abgetragenen Halbleiterbauelementen aufgebracht. Als leitendes Material für diesen Rückkontakt können beispielsweise Stoffe aus diversen Polymerklassen verwendet werden. Besonders geeignet
15 sind Epoxidharze, Polyurethane, und/oder Polyimide, die mit geeigneten leitfähigen Partikeln wie Kohlenstoff, Indium, Nickel, Molybdän, Eisen, Nickelchrom, Silber, Aluminium und/oder entsprechenden Legierungen bzw. Oxiden versehen sind. Eine weitere Möglichkeit stellen intrinsische
20 leitfähige Polymere dar. Dazu zählen beispielsweise Polymere aus der Gruppe der PANis. Zur Anwendung können ferner Materialien wie TCOs oder geeignete Metalle kommen. Der Rückkontakt kann bei TCOs und Metallen mit PVD- oder CVD-Verfahren aufgebracht werden.

25 Im einem weiteren Verfahrensschritt wird eine leitende Vorderkontakte schicht 90 auf die Seite der Trägerschicht aufgebracht, auf welcher keine Halbleiterbauelemente abgetragen wurden. Auch dies kann mit Methoden wie PVD oder
30 CVD erfolgen. Als leitendes Material des Vorderkontakte können beispielsweise diverse TCOs (Transparent Conductive Oxides) eingesetzt werden.

Vor oder Nach der Abscheidung eines Vorder- und eines Rückkontakte können weitere Funktionsschichten abgeschieden werden. Die Wahl der zusätzlichen Funktionsschichten ist insbesondere abhängig von den verwendeten

5 Halbleiterbauelementen. Funktionsschichten wie z.B. Bufferschichten, welche bereits auf den Halbleiterkörpern abgeschieden wurde, müssen gegebenenfalls zur Herstellung der Solarzelle mit integrierten Halbleiterbauelementen nicht mehr abgeschieden werden. Nach allen erforderlichen Abscheidungs-
10 und Bearbeitungsschritten ist eine Solarzelle entstanden, aus welcher ein Photovoltaikmodul erzeugt werden kann. Eine oder mehrere der Solarzellen können beispielsweise in Serie verschaltet und zu einem Modul zusammengefügt werden, an dem erzeugter Strom abgegriffen wird.

15

Bezugszeichenliste:

10 Schichtaufbau, Precursorschichtaufbau
5 11 Halbleiterbauelement
20 Substrat, Substratkern
30 Rückkontakteckschicht eines Halbleiterbauelementes
40 Erste Precursorschicht
50 Zweite Precursorschicht
10 60 I-III-VI-Verbindungshalbleiter, CIS- oder
 CIGS-Schicht
70 Trägerschicht, isolierend
80 Rückkontakteckschicht einer Solarzelle
90 Vorderkontakteckschicht einer Solarzelle

15

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelements (11) zur Verwendung in einer Solarzelle, gekennzeichnet durch folgenden Schritte:
 - Aufbringen einer leitenden Rückkontakte schicht (30) auf einen kugel- oder kornförmigen Substratkern (20);
 - Aufbringen einer ersten Precursorschicht (40) aus Kupfer oder Kupfergallium;
 - Aufbringen einer zweiten Precursorschicht (50) aus Indium;
 - Umsetzung der Precursorschichten (40) und (50) mit Schwefel und/oder Selen zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptbestandteil der leitenden Rückkontakte schicht (30) Molybdän ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die leitende Rückkontakte schicht (30) zur Haftungsverbesserung bis zu 20 Gew.% Gallium enthält.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichten (30;40;50) jeweils durch PVD- und/oder CVD-Verfahren aufgebracht werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schichtaufbau (10) aus Precursorschichten (40;50) vor

der Umsetzung zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter legiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch

5 gekennzeichnet, dass ein Schichtaufbau (10) aus Precursorschichten (40;50) vor der Umsetzung zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter bei einer Temperatur $T > 220$ °C legiert wird.

10 7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) aus Precursorschichten (40;50) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter in Dampf des Umsetzungselementes 15 Schwefel und/oder Selen erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch

gekennzeichnet, dass die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) unter Atmosphärendruck erfolgt.

20 9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) unter Vakuum erfolgt.

25 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) aus Precursorschichten (40;50) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter in einer Schmelze des Umsetzungselementes Schwefel und/oder Selen erfolgt.

30 11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die

Umsetzung des Schichtaufbaus (10) aus Precursorschichten (40;50) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter in einer SalzsSchmelze mit Beimengungen des Umsetzungselementes Schwefel und/oder Selen erfolgt.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) aus

10 Precursorschichten (40;50) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter in Wasserstoffverbindungen des Umsetzungselementes Schwefel und/oder Selen erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch

15 gekennzeichnet, dass die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) unter Atmosphärendruck erfolgt.

14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch

20 gekennzeichnet, dass die Umsetzung des Schichtaufbaus (10) unter einem Druck kleiner als Atmosphärendruck erfolgt.

15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen

25 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Umsetzung des Schichtsystems (10) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter eine Behandlung mit KCN-Lösung durchgeführt wird.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen

30 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Umsetzung des Schichtsystems (10) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter eine Bufferschicht abgeschieden wird.

17. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Umsetzung des Schichtsystems (10) zu einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter eine hochohmige ZnO-Schicht abgeschieden wird.

5 18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass nach der hochohmigen ZnO-Schicht eine niedrigohmige ZnO-Schicht abgeschieden wird.

10 19. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (hier meine ich Bufferschicht, und/oder die hochohmige und die niedrigohmige Schicht) durch PVD- oder CVD-Verfahren abgeschieden wird.

15 20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht durch Chemical Bath Deposition abgeschieden wird.

20 21. Kugel- oder kornförmiges Halbleiterbauelement zur Verwendung in Solarzellen, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterbauelement (11) einen kugel- oder kornförmigen Substratkern (20) aufweist, der wenigstens mit einer Rückkontakte Schicht (30) und einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter beschichtet ist.

30 22. Halbleiterbauelement nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Substratkern (20) aus Glas, Metall oder Keramik besteht.

23. Halbleiterbauelement nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Substratkern (20) aus Kalk-Natron-Glas besteht.

5

24. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser des Substratkerns (20) in der Größenordnung von 0,1 -1mm, insbesondere bei etwa 10 0,2mm, liegt.

25. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Rückkontakteschicht (30) in der Größenordnung von 0,1-1 μ m liegt.

15

26. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptbestandteil der Rückkontakteschicht (30) 20 Molybdän ist.

20

27. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückkontakteschicht (30) zur 25 Haftungsverbesserung bis zu 20 Gew.% Gallium enthält.

25

28. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht (60) aus 30 einer Verbindung aus der Gruppe de Kupferindiumsulfide, Kupferindiumdiselenide, Kupferindiumgalliumsulfide oder Kupferindiumgalliumdiselenide besteht.

29. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht (60) in der Größenordnung von 1-3µm liegt.

5

30. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterbauelement (11) oberhalb der I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht (60) eine Bufferschicht aufweist.

10

15

31. Halbleiterbauelement nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Bufferschicht aus einem Material der Gruppe CdS, ZnS, ZnSe, ZnO, Indiumselenverbindungen oder Indiumschwefelverbindungen besteht.

20

32. Halbleiterbauelement nach einem oder beiden der Ansprüche 30 und 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der Bufferschicht in der Größenordnung von 20-200nm liegt.

25

33. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterbauelement oberhalb der I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht (60) eine hochohmige und eine niedrigohmige ZnO-Schicht aufweist.

30

34. Halbleiterbauelement nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der hochohmigen Schicht in der Größenordnung von 10-100nm liegt.

35. Halbleiterbauelement nach einem oder beiden der Ansprüche 33 und 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke der niedrigohmigen ZnO-Schicht in der Größenordnung von 0,1-2µm liegt.

5

36. Halbleiterbauelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterbauelement (11) mit einem Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 20 hergestellt wurde.

10

37. Verfahren zur Herstellung einer Solarzelle mit integrierten kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

15

- Einbringen von mehreren kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen (11) in eine isolierende Trägerschicht (70), wobei die Halbleiterbauelemente (11) wenigstens auf einer Seite der Trägerschicht aus der Oberfläche der Trägerschicht herausragen, und die Halbleiterbauelemente (11) jeweils aus einem kugel- oder kornförmigen Substratkern (20) bestehen, der wenigstens mit einer leitenden Rückkontaktebeschichtung (30) und einer I-III-VI-Verbindungshalbleiterschicht (60) beschichtet ist;

20

- Abtragen von Teilen der Halbleiterbauelemente (11) auf einer Seite der Trägerschicht (10), so dass eine Fläche der leitenden Rückkontaktebeschichtung (30) der Halbleiterbauelemente (11) freigelegt ist;

25

- Aufbringen einer Rückkontaktebeschichtung (80) auf die Seite der Trägerschicht (10), auf welcher Teile der Halbleiterbauelemente (11) abgetragen sind; und

- Aufbringen einer Vorderkontakte Schicht (90) auf die Seite der Trägerschicht (10), auf der keine Halbleiterbauelemente (11) abgetragen sind.

5 38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass neben Teilen der Halbleiterbauelemente (11) ein Teil der Trägerschicht (10) abgetragen wird.

10 39. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 37 und 38, dadurch gekennzeichnet, dass neben der Vorderkontakte Schicht (40) und der Rückkontakte Schicht (50) weitere Funktionsschichten abgeschieden werden.

15 40. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 37 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterbauelemente (11) durch Streuen, Stäuben und/oder Drucken auf die Trägerschicht (70) aufgebracht und danach in die Trägerschicht eingebracht werden.

20 41. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 37 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerschicht (70) eine Matrix mit Aussparungen ist, in welche die Halbleiterbauelemente (11) eingebracht werden.

25 42. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 37 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterbauelemente (11) durch einen Erwärmungs- und/oder Pressvorgang in die Trägerschicht (70) eingebracht werden.

43. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 37 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass das Abtragen der Halbleiterbauelemente (11) und/oder der Trägerschicht (70) durch Schleifen, Polieren, Ätzen, 5 thermischen Energieeintrag und/oder photolithographische Prozesse erfolgt.

44. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 37 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die 10 Rückkontakteckschicht (80) und/oder die Vorderkontakteckschicht (90) durch PVD- oder CVD-Verfahren oder andere an das Material der jeweiligen Schicht angepasste Verfahren abgeschieden werden.

15 45. Solarzelle mit integrierten kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen, dadurch gekennzeichnet, dass die Solarzelle wenigstens folgende Merkmale aufweist:

- eine isolierende Trägerschicht (70), in die kugel- oder kornförmige Halbleiterbauelemente (11) 20 eingebracht sind, wobei die Halbleiterbauelemente (11) wenigstens auf einer Seite der Trägerschicht (70) aus der Schicht herausragen, und die Halbleiterbauelemente (11) jeweils aus einem kugel- oder kornförmigen Substratkern (20) bestehen, der 25 wenigstens mit einer leitenden Rückkontakteckschicht (30) und einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter beschichtet ist; ;
- eine Rückkontakteckschicht (80) auf einer Seite der Trägerschicht (10), wobei mehrere 30 Halbleiterbauelemente (11) auf dieser Seite der Trägerschicht eine Fläche aufweisen, die frei von I-III-VI-Verbindungshalbleiter ist; und

- eine Vorderkontaktebeschichtung (90) auf der Seite der Trägerschicht (70), auf welcher die Halbleiterbauelemente (11) keine Fläche aufweisen, die frei von I-III-VI-Verbindungshalbleiter ist.

5

46. Solarzelle nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass sie mit einem Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 37 bis 44 hergestellt ist.

10

47. Solarzelle nach einem oder beiden der Ansprüche 45 und 46, dadurch gekennzeichnet, dass die isolierende Trägerschicht (70) aus einem thermoplastischen Material besteht.

15

48. Solarzelle nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche 45 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerschicht (10) aus einem Polymer aus der Gruppe der Epoxide, Polycarbonate, Polyester, Polyurethane, Polyacryle und/oder Polyimide besteht.

20

49. Solarzelle nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche 45 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den kugel- oder kornförmigen Halbleiterbauelementen (11) um Halbleiterbauelemente nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 36 handelt.

25

50. Solarzelle nach einem oder mehreren der Ansprüche 45 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterbauelemente (11) mit einem I-III-VI-Verbindungshalbleiter aus der Gruppe der Kupferindiumdiselenide, Kupferindiumdisulfide,

30

Kupferindiumgalliumdiselenide und
Kupferindiumgalliumdiseleniddisulfide beschichtet sind.

51. Solarzelle nach einem oder mehreren der Ansprüche 45

5 bis 50, dadurch gekennzeichnet, dass die
Vorderkontakte schicht (90) aus einem leitenden Material
besteht.

52. Solarzelle nach Anspruch 51, dadurch

10 gekennzeichnet, dass die Vorderkontakte schicht
(90) aus einem TCO (Transparent Conductive Oxide)
besteht.

15 53. Solarzelle nach einem oder mehreren der Ansprüche 45bis
52, dadurch gekennzeichnet, dass die
Rückkontakte schicht (80) aus einem leitenden Material
besteht.

20 54. Solarzelle nach Anspruch 53, dadurch
gekennzeichnet, dass die Rückkontakte schicht (80)
aus einem Metall, einem TCO (Transparent Conductive
Oxide) oder einem Polymer mit leitfähigen Partikeln
besteht.

25 55. Solarzelle nach Anspruch 54, dadurch
gekennzeichnet, dass die Rückkontakte schicht (80)
aus einem Polymer aus der Gruppe der Epoxidharze,
Polyurethane und/oder Polyimide mit leitfähigen
30 Partikeln einer Gruppe aus Kohlenstoff, Indium, Nickel,
Molybdän, Eisen, Nickelchrom, Silber, Aluminium
und/oder entsprechenden Legierungen bzw. Oxiden
besteht.

56. Solarzelle nach Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückkontakteschicht (80) aus einem intrinsischen leitfähigen Polymer besteht.

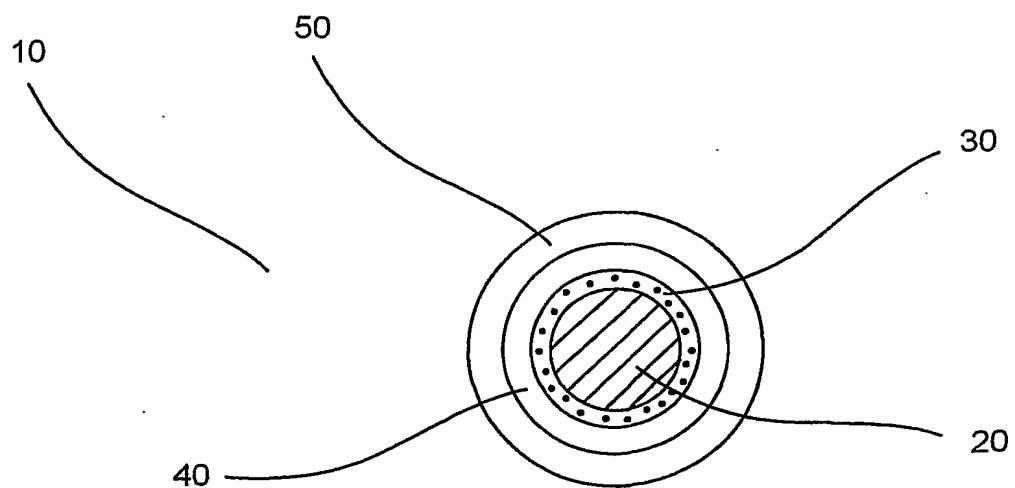
5

57. Solarzelle nach Anspruch 56, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückkontakteschicht (80) aus einem Polymer aus der Gruppe der PANis besteht.

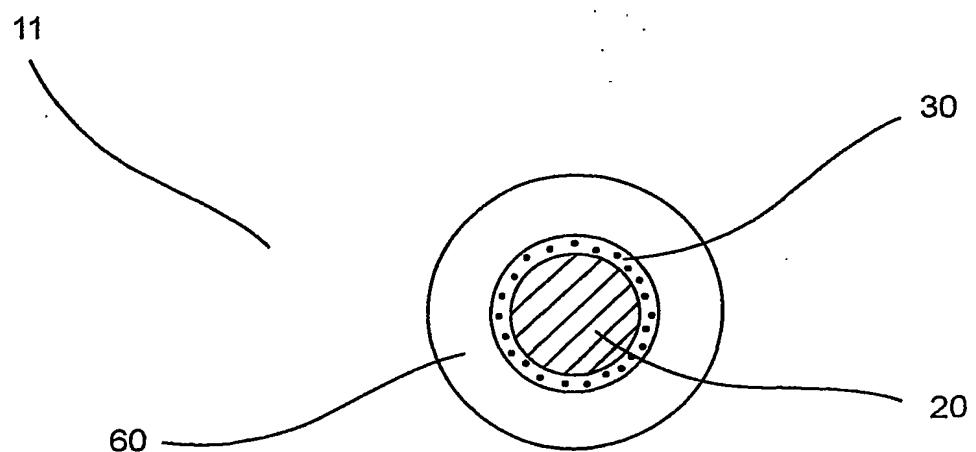
10 58. Solarzelle nach einem oder mehreren der Ansprüche 45 bis 57, dadurch gekennzeichnet, dass die Solarzelle neben der Vorderkontakteschicht (90) und der Rückkontakteschicht (80) weitere Funktionsschichten aufweist.

15

59. Photovoltaikmodul, dadurch gekennzeichnet, dass es wenigstens eine Solarzelle nach einem der mehreren der Ansprüche 45 bis 58 aufweist.



(a)



(b)

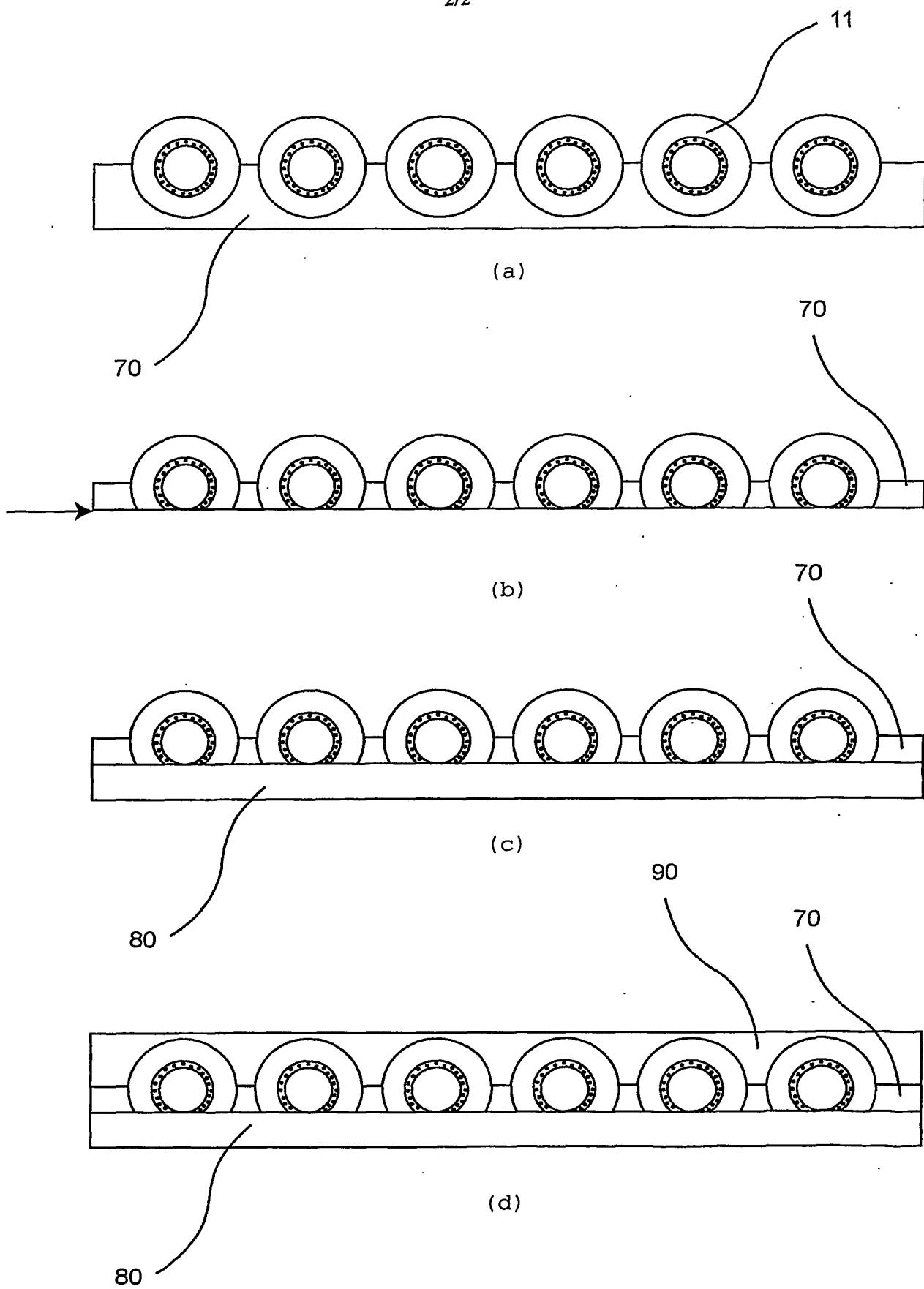


Fig. 2